

Faculdade de Medicina da Universidade de Lisboa
Trabalho Final de Mestrado Integrado em Medicina



A PRÁTICA DO MERGULHO
E A PATOLOGIA ORL – BAROTRAUMA

Filipe Manuel Estêvão Caldeira nº 2616

Orientador: Dr. Marco António Alveirinho Cabrita Simão

Coordenador: Prof. Doutor Óscar Proença Dias

Clínica Universitária de Otorrinolaringologia do Hospital de Sta. Maria

2015/2016

RESUMO

O mergulho recreativo sofreu um aumento significativo de praticantes ao longo dos últimos 40 anos. Apesar de ser uma prática desportiva segura, apresenta ainda assim riscos potenciais para o mergulhador.

Cerca de 80% das patologias provocadas pelo mergulho envolvem a cabeça e o pescoço e as mais comuns nos mergulhadores recreativos envolvem o sistema auditivo.

Serão então abordadas as patologias mais frequentes da cabeça e pescoço do mergulhador, como a otite externa, as exostoses e o trauma provocado pelas variações de pressão (barotrauma).

O barotrauma foi abordado de acordo com as suas diferentes apresentações. Considerou-se então o barotrauma do ouvido médio, que é o mais prevalente e tende a resolver espontaneamente sem sequelas. O barotrauma do ouvido interno, que embora menos frequente, é potencialmente mais grave com eventuais défices auditivos permanentes. Foram também abordados o barotrauma dos seios perinasais, habitualmente auto-limitado, mas que pode ter manifestações neurológicas e o barotrauma da face e dos dentes.

Técnicas simples de equalização como a manobra de Valsava, bem como a evicção do mergulho nas situações que predisponham a uma disfunção da trompa de Eustáquio (infecções respiratórias superiores/sinusite), podem prevenir o barotrauma do ouvido e dos seios perinasais.

ABSTRACT

Recreational scuba diving has become an increasingly popular activity over the last 40 years. Despite being a safe sport, it still poses potential risks to the diver.

About 80% of diving-related problems involve the head and neck, and the most common in recreational divers are those of the auditory system.

The present work discusses the most frequent conditions affecting the head and neck of divers, such as external otitis, exostosis of the external ear canal and trauma caused by pressure variations (barotrauma).

Barotrauma has been approached according to its different presentations. Middle ear barotrauma is the most frequent and tends to resolve spontaneously without sequelae. Inner ear barotrauma, which, although less common, is potentially more severe and can lead to permanent hearing deficits. Barotrauma of the paranasal sinuses, a condition that is usually self-limited but can manifest itself neurologically, and barotrauma of the face and teeth have also been addressed.

Equalization techniques as the Valsalva maneuver, and avoiding diving in clinical situations that predispose to Eustachian tube dysfunction (upper respiratory infections/sinusitis) can assist in preventing barotrauma of the ear and paranasal sinuses.

Introdução

1.1- Enquadramento Histórico do Mergulho

O início do mergulho remonta a uma época anterior aos primeiros registos escritos, sendo frequente encontrar-se em povoações pré-históricas aglomerados de conchas que indiciam a apanha de bivalves por mergulhadores como fonte de alimento (Somers, 2002).

Os problemas médicos associados à prática do mergulho foram descritos desde os tempos mais remotos por Aristóteles que referiu perfurações timpânicas em mergulhadores apanhadores de esponjas.

Existem relatos de mergulho em apneia desde a Guerra de Tróia (1194-1184 a.c.) em que os mergulhadores sabotavam os navios inimigos. Marco Polo nos seus registos escritos descreve apanhadores de pérolas que mergulhavam a profundidades de 27 metros e Roger Bacon em 1240, descreve homens que caminham no fundo do mar.

Em 1535 Guglielmo de Lorena construiu o primeiro sino de Mergulho (Robinson & Byers, 2005).

Em 1691 Edmund Halley patenteou um sino de mergulho sofisticado (Fig.1) em que a ventilação era feita com recurso a barris cheios de ar submersos até à profundidade do sino (Somers, 2002).

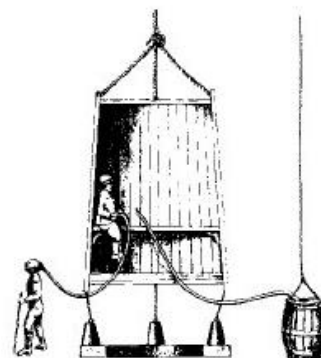


Fig. 1 – Sino de Mergulho de Halley (Somers,2002)

1.1.1 – Fornecimento de ar comprimido

Em 1774 Freminet utilizou um fole para fornecer ar da superfície a um mergulhador e em 1819 Siebe construiu o primeiro fato de mergulho (Fig.2) que consistia num capacete de cobre acoplado a um casaco. (Robinson & Byers, 2005).



Fig. 2 – Capacete de mergulho de Siebe (Somers, 2002)

1.1.2 – Sistemas de mergulho autónomo

O desenvolvimento do mergulho autónomo não começou com Cousteau. Em 1680, Borelli desenvolveu um sistema autónomo (Fig.3) baseado na teoria que o ar quente expirado pelo mergulhador podia ser reciclado com arrefecimento e condensação. Apesar de não ter sido bem



Fig. 3 – Sistema de Borelli , (Sommers, 2002)

sucedido, representa um avanço no sentido de libertar o mergulhador de uma conexão à superfície. Em 1835 Rouquayrol (Fig.4) desenvolveu um sistema de válvula/regulador que apesar de ser abastecida por mangueira da superfície, teve uma enorme influência no desenvolvimento dos sistemas autónomos.

Em 1878, Fleuss e Davis desenharam o primeiro sistema de circuito fechado de oxigénio, que utilizava um absorvente químico de dióxido de carbono.



Fig. 4 – Sistema de Rouquayrol, (Sommers, 2002)

Yves le Prieur em 1924 criou um sistema de mergulho autónomo de ar comprimido com uma válvula manual, sendo substituída por uma válvula com regulador accionada pela inspiração do mergulhador em 1942 por Cousteau e Gagnan dando origem ao “Self Contained Underwater Breathing Apparatus” que é utilizado mundialmente. (Sommers, 2002).

Nos últimos 40 anos o mergulho recreativo com “Self Contained Underwater Breathing Apparatus” (SCUBA) aumentou de popularidade. Em 1968 existiam apenas 11.668 certificações de mergulho dos membros da organização mundial “Professional Association of Diving Instructors” (PADI), mas em 2008 este número aumentou significativamente para 17.532.116 mergulhadores.

Estudos recentes evidenciaram que 80% dos problemas relacionados com o mergulho envolvem a cabeça e pescoço e os mais comuns nos mergulhadores recreativos são referentes ao sistema auditivo (Evens, Bardsley & Manchaiah, 2012).

1.2- Tipos de mergulho

1.2.1- Mergulho de Apneia e *Snorkeling*

O mergulho de apneia e o *snorkeling* apenas requerem a utilização de uma máscara que permita ver claramente debaixo de água, um “snorkel” ou tubo para respirar à tona de água e barbatanas para permitir a propulsão. No mergulho de apneia é utilizado um cinto com pesos que facilita a descida numa fase inicial do mergulho. No *snorkeling* o mergulhador nada na superfície da água, observando e explorando o mundo submarino que está debaixo de si. O mergulho de apneia implica uma inspiração forçada antes de mergulhar abaixo da superfície. O mergulhador nada submerso durante um tempo limitado, tempo este que depende da sua experiência, podendo demorar alguns minutos sem regressar à superfície (Dimmock, 2007).

1.2.2 - Mergulho Semi-Autónomo

Mergulho com abastecimento de ar da superfície – “SSBA” ou “Narguilé”

Actualmente existem situações, geralmente em contexto profissional, em que o mergulhador recebe ar da superfície e usa uma máscara que cobre a boca, nariz e olhos (full face mask) ou um capacete, equipados com comunicadores de áudio, que permitem a troca de informações com a equipa de superfície (Fig.5). Este equipamento é conhecido pelo acrónimo de SSBA (Surface Supplied



Fig. 5 – Sistema Narguilé (Edmonds *et al.*, 1992)

Breathing Apparatus). Os mariscadores utilizam frequentemente uma forma simplificada de SSBA, mergulhando apenas com uma mangueira ligada, numa extremidade, à superfície e, na outra, a um regulador, que colocam directamente na boca. Utilizam ainda uma “half mask” semelhante à utilizada no mergulho recreativo (Levett & Millar, 2008).

1.2.3- Mergulho Autónomo

1.2.3.1 – Self Contained Breathing Apparatus “SCUBA”

Jacques Cousteau popularizou o “SCUBA” (Fig.6), sendo o circuito de sistema aberto o tipo utilizado em mais de 99% dos mergulhos desportivos. Este sistema é constituído por:

- 1- Uma ou duas garrafas com ar comprimido ou outra mistura respiratória.
- 2- Um primeiro andar com uma válvula redutora da alta pressão fornecida pelas garrafas, que irá alimentar o regulador por onde o mergulhador irá efectuar as trocas gasosas.
- 3- Um segundo andar que consiste num regulador através do qual o mergulhador, com uma ligeira pressão negativa na inspiração, irá abrir uma válvula, que permitirá o fornecimento da mistura gasosa aos pulmões. Permite ainda realizar a expiração com uma pressão ligeiramente superior à existente na profundidade a que o mergulhador se encontra.
- 4- Uma máscara e um tubo com um “espaço morto” reduzido (Hall, 2015).

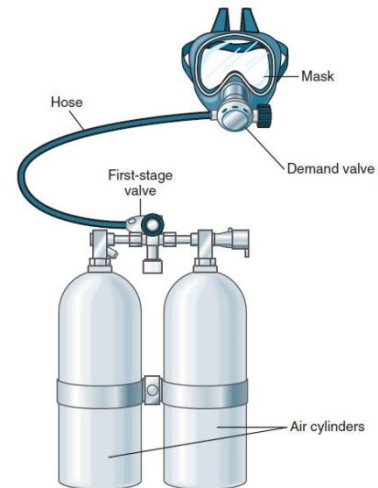


Fig. 6 – SCUBA (Hall, 2015)

1.2.3.2 - Closed Circuit Rebreather “CCR”

Os sistemas de mergulho de circuito fechado ou “Closed Circuit Rebreather” (CCR) utilizam um absorvente de dióxido de carbono e um sistema de injeção de oxigénio para compensar o consumo na respiração do mergulhador. Os CCR que utilizam apenas oxigénio foram desenvolvidos para operações militares, visto não produzirem bolhas para o exterior e permitirem então manter oculta a localização do mergulhador.

Com o desenvolvimento tecnológico foi possível a introdução de uma mistura respiratória de oxigénio, hélio e azoto (*trimix*), controlada por computador e células analisadoras de gás, que permitem mergulhos abaixo dos 100 metros de profundidade com várias horas de duração (Levett & Millar, 2008).

1.3- Física do Mergulho

A água é não-compressível e a pressão aumenta linearmente 1 atmosfera por cada 10 metros de profundidade. Em contraste o ar é compressível, o que leva a que a lei de Boyle se relacione com todas as formas de barotrauma.

A lei de Boyle (Fig.7) postula que o volume de um gás varia na razão inversa da pressão que lhe é aplicada, para uma temperatura constante.

Deste modo por cada 10 metros de profundidade percorridos pelo mergulhador durante a descida, a pressão a que está sujeito aumenta uma atmosfera e o volume de ar contrai-se para metade.

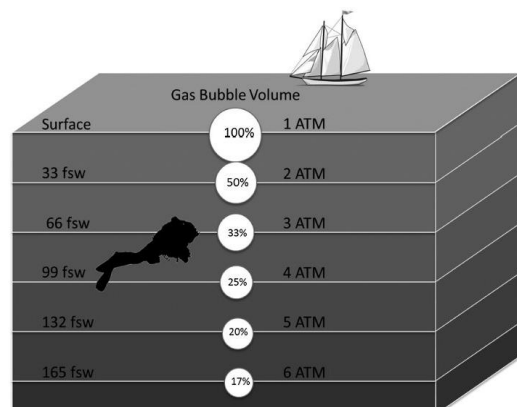


Fig. 7 – Ley de Boyle (Lynch & Deaton, 2014)

O barotrauma é definido como a danificação de tecidos por efeitos directos da pressão. Para um mergulhador evitar barotraumatismos, a pressão nas cavidades preenchidas por ar deve ser equalizada com a pressão ambiente. Se a equalização não se verificar à medida que o mergulhador desce, o meio torna-se cada vez mais hiperbárico podendo ocorrer uma transudação sero-hemática ou mesmo hemorragia, que irá preencher as cavidades pneumatizadas, numa tentativa de aumentar a sua pressão (equalizando-as). Na subida ocorre a expansão do ar contido nas cavidades pneumatizadas e caso não exista libertação desse volume de ar suplementar, ocorre também barotrauma.

A maioria dos mergulhos recreativos ocorre entre os 18 e os 40 metros, onde a pressão atingida varia então entre as 3 e 5 atmosferas. À medida que o mergulhador regressa à superfície, o volume de ar que esteja aprisionado numa cavidade expande 3 a 5 vezes, podendo originar uma força destrutiva considerável no caso das vias de equalização não estarem permeáveis. Ao iniciar

o mergulho a equalização da pressão precoce e frequente é uma importante medida preventiva (Becker & Parell, 2001).

Estudos recentes evidenciaram que 80% dos problemas relacionados com o mergulho envolvem a cabeça e pescoço e os mais comuns nos mergulhadores recreativos são referentes ao sistema auditivo (Evens, Bardsley & Manchaiah, 2012).

2- Ouvido Externo

2.1- Otite Externa

A otite externa (Fig.8) é uma patologia frequente do mergulhador. Os factores predisponentes são o trauma local, a remoção de lípidos da pele e a exposição prolongada a humidade e temperatura elevadas (Azizi, 2010).

O mergulhador apresenta frequentemente otalgia, hiperémia, edema com ou sem otorreia e prurido que conduz a uma solução de continuidade do epitélio do canal auditivo externo, criando um habitat favorável ao crescimento de *Pseudomonas aeruginosa* e *Staphylococcus aureus*, sendo estes os agentes etiológicos mais frequentes.



Fig. 8 - Otite externa (Figueiredo *et al.*, 2004)

Deve-se ter em atenção que devido ao edema do canal auditivo externo a membrana do tímpano pode não ser visível (Fig.9), impossibilitando confirmar a sua integridade, que pode estar comprometida na sequência de um barotraumatismo.

Os mergulhadores com especial predisposição para esta patologia encontram-se nos climas mais quentes.

São particularmente vulneráveis os mergulhadores



Fig. 9 - Otite externa sem visualização do tímpano (Figueiredo *et al.*, 2004)

profissionais que realizem mergulhos de saturação, ou seja que pela sua permanência de dias ou semanas num espaço preenchido por uma mistura respiratória de hélio e oxigénio (“Heliox”) com um ambiente quente e húmido, criam condições perfeitas para o crescimento bacteriano no canal auditivo externo (Evens, Bardsley & Manchaiah, 2012). A atmosfera de hélio favorece particularmente a proliferação das bactérias Gram-negativas,

como a *Pseudomonas aeruginosa*, em detrimento das bactérias Gram-positivas (Azizi, 2010).

A obliteração do canal auditivo externo pelo edema e congestão decorrentes do processo inflamatório da otite externa, predispõe à ocorrência de barotraumatismo (Wendling, Elliott & Nome, 2004).

2.2- Exostoses

As exostoses (Fig.10) são proclências ósseas que crescem em direção ao lúmen do canal auditivo externo, sendo na sua maioria assintomáticas e diagnosticadas em otoscopia de rotina.



Fig. 10 – Exostose (Kozin *et al.*, 2014)

O preditor mais significativo para a prevalência e severidade das exostoses do canal auditivo externo é a temperatura da água onde ocorre a prática de mergulho. O tempo de exposição e portanto o número de horas de mergulho também é preditor da formação de exostoses (Azizi, 2010).

Um método para os desportistas aquáticos em geral prevenirem a formação de exostoses é a utilização de tampões que permitem isolar o seu canal auditivo externo do contacto com a água fria, método este que está contra-indicado na prática de mergulho, uma vez que ao não permitir a equalização, pode conduzir a um barotrauma. Deste modo os mergulhadores apresentam um risco acrescido de desenvolverem exostoses ao estarem impedidos de cumprir esta medida profiláctica (Evens, Bardsley & Manchaiah, 2012).

Apesar da maioria das exostoses com estenose inferior a 60% não necessitarem de intervenção médica, quando a estenose provocada pela exostose excede os 80%, o mergulhador pode apresentar hipoacusia de condução, devido à obliteração do canal auditivo externo com retenção de cerúmen e água pelas proclências ósseas e otites externas de repetição com otalgia ou tinnitus (Fig.11). Quando estes sintomas não resolvem com tratamento médico está indicada a excisão cirúrgica das exostoses (Lobo, 2015).

A obliteração do canal auditivo externo pelas exostoses é uma importante causa de barotraumatismo (Wendling, Elliott & Nome, 2004).

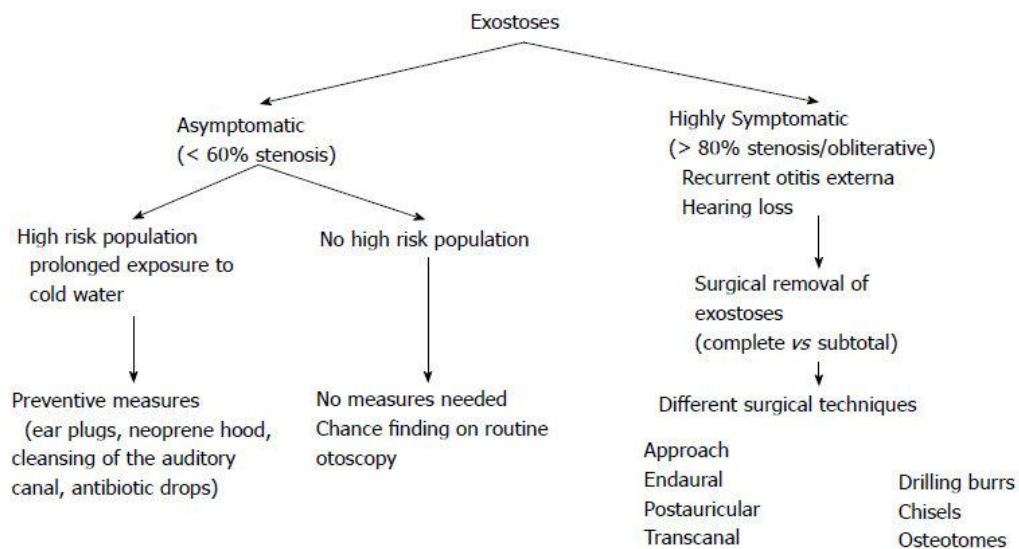


Fig. 11 – Abordagem terapêutica das exostoses (Lobo, 2015)

3- Ouvido Médio

3.1- Barotrauma

O barotrauma do ouvido médio é a lesão barotraumática mais comum no mergulhador (Becker & Parell, 2001).

Deve-se a um desequilíbrio de pressão entre a cavidade do ouvido médio (Fig.12) em relação à pressão ambiente no exterior do corpo, ou seja no

caso do mergulhador, à pressão da água exercida na profundidade em que se encontra (Evens, Bardsley & Manchaiah, 2012).

As técnicas de compensação como a manobra de Valsava (aumento da pressão intra-torácica com as narinas fechadas) ou de Toynbee (deglutição com as narinas ocluídas) devem ser realizadas desde o início da imersão, que corresponde ao início do aumento de pressão, permitindo que a trompa de Eustáquio se mantenha permeável e ocorra passagem de ar da nasofaringe para o

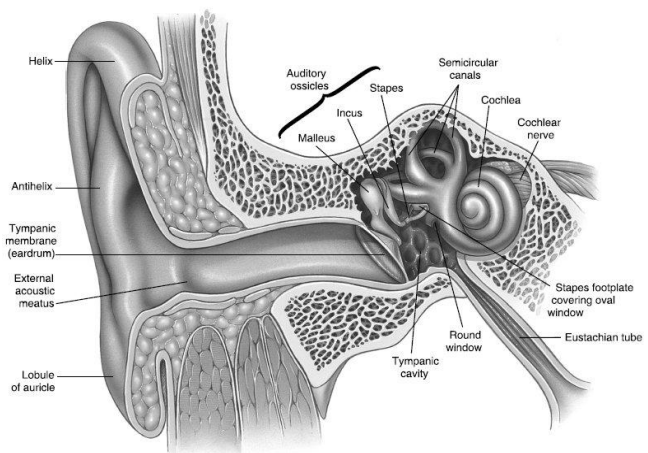


Fig. 12 - Anatomia do ouvido médio (Lynch & Deaton, 2014)

ouvido médio. Mantém-se assim uma pressão igual do lado externo e interno da membrana timpânica (Lynch & Deaton, 2014).

Existem mais 4 técnicas de equalização além das descritas. A técnica de Lowry (combinação da manobra de Toynbee e da manobra de Valsava), a técnica de Edmonds (conjugação da manobra de Valsava com a protusão e abertura da mandíbula), a manobra de Frenzel (elevação da maçã de Adão com a boca e narinas fechadas) e a técnica BTV (Béance Tubaire Voluntaire) em que o mergulhador experiente consegue realizar a abertura voluntária das trompas de Eustáquio (Edmonds, Lowry, Pennefather & Walker, 2002).

O barotrauma ocorre mais frequentemente durante a descida e deve-se a uma disfunção na trompa de Eustáquio, que impede a sua abertura activa. Durante a subida o ar presente no ouvido médio expande-se e abre passivamente a trompa de Eustáquio, contudo se houver falha na sua abertura também ocorre barotrauma.

Os mergulhadores menos experientes para evitarem a separação do grupo de mergulho, podem tentar forçar a

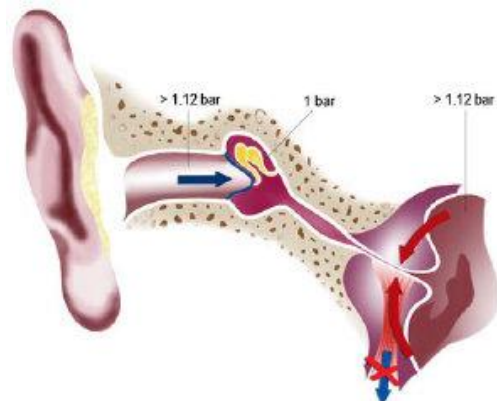


Fig. 13 - Bloqueio da trompa de Eustáquio (Germonpré, 2006)

descida apesar da falha de equalização e da consequente otalgia. Depois de ultrapassado um diferencial de pressão de 90 mmHg (equivalente a 1,37 m de água), a trompa de Eustáquio bloqueia irreversivelmente, tornando qualquer tentativa de equalização de pressão no ouvido médio infrutífera (Fig.13). É nos primeiros 10 metros da descida que ocorre a maior variação do volume gasoso, sendo o momento do mergulho onde é mais difícil equalizar as pressões, não sendo útil portanto, a recomendação da realização de mergulhos pouco profundos como forma de prevenir a ocorrência de barotrauma. Na realidade o tímpano pode sofrer ruptura apenas com uma variação de profundidade de 1,22 metros se a pressão não for equalizada (Becker & Parell, 2001).

A disfunção tubária é frequente quando o mergulhador apresenta uma infecção das vias respiratórias superiores, rinite ou sinusite, que contribuem para um edema da sua mucosa ou alterações das suas características anatómicas.

As manifestações iniciais do barotrauma apresentam-se sob a forma de otalgia, sensação subjectiva de plenitude auricular e hipoacúsia de condução pela

acumulação de transudado, com origem nos capilares das paredes do ouvido médio.

Quando perante estes sintomas o mergulhador continua a descida e a pressão aumenta para níveis mais extremos sem equalização, pode ocorrer ruptura dos capilares causando hemotímpano (Fig.14), seguido por perfuração timpânica (Fig.15), no caso mais extremo (Lynch & Deaton, 2014).

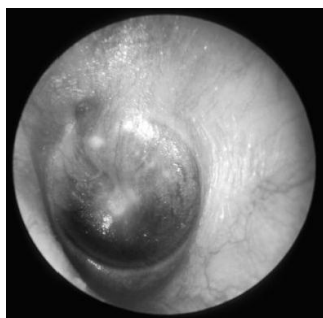


Fig. 14 – Hemotímpano (Lynch & Deaton, 2014)



Fig. 15 – Perfuração do tímpano (Edmonds *et al.*, 1992)

O barotrauma do ouvido médio é classificado segundo a *Escala de Edmonds*, em 6 graus (consultar ilustrações em anexo), com base na observação do tímpano à otoscopia, embora a lesão envolva todo o ouvido médio e não apenas esta membrana (Blake, Gibbs, Commons & Brown, 2015).

Teremos então:

Grau 0: sintomas sem sinais clínicos;

Grau I: Hiperémia da membrana do tímpano;

Grau II: Hiperémia associada a discreta hemorragia nos tecidos da membrana do tímpano;

Grau III: Hemorragia significativa nos tecidos da membrana do tímpano;

Grau IV: Libertação de sangue no ouvido médio, evidenciado pelo tom azulado e abaulamento do tímpano;

Grau V: Perfuração do tímpano.

O barotrauma do ouvido médio apresenta particularidades. Quando existe uma pressão diferencial entre os dois ouvidos, pode ocorrer vertigem alternobárica, que agrava com o aumento desse diferencial de pressão e com a posição vertical. A vertigem durante o mergulho pode provocar uma perda da orientação espacial e do controlo de fluutuabilidade do mergulhador (Lynch & Deaton, 2014).

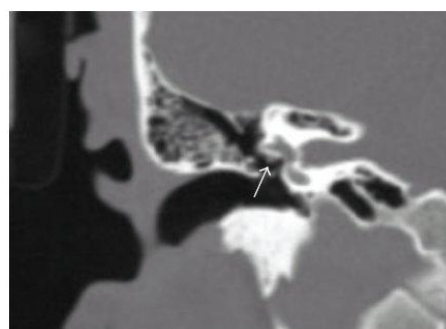
Nos casos em que existe ruptura do tímpano, a água entra no ouvido médio e provoca um estímulo calórico com a diminuição rápida da temperatura do ouvido interno, o que irá alterar a densidade da endolinfa e provocar sintomas vestibulares. O mergulhador irá sentir desequilíbrio, náuseas e vômitos, desorientação espacial e sofrer também uma possível perda de controlo de fluutuabilidade, com consequente subida súbita e descontrolada (Eichhorn & Leyk, 2015).

3.2- Baroparésia Facial

Uma situação que pode ocorrer por um aumento súbito de pressão no ouvido médio e portanto durante a ascensão do mergulhador ou por manobras de Valsava forçadas, é a baroparésia do nervo facial (Azizi, 2010).

O nervo facial apresenta maior vulnerabilidade no seu trajecto ao longo da parede interna do ouvido médio, protegido apenas por uma fina parede óssea do canal de Falópio, que pode estar ausente congenitamente, em menos de 10% da população (Whelan, 1990).

De acordo com Kamide, Matsunobu & Shiotani, (2012) as paredes ósseas do canal de Falópio podem sofrer deiscência espontânea em 55% dos ossos temporais sem alterações prévias (Fig.16). O mecanismo de lesão pode dever-se à exposição do nervo facial na



cavidade timpânica e/ou ao aumento da pressão no ouvido médio, que ao exceder a pressão dos capilares sanguíneos, diminui a perfusão do nervo e induz neuropraxia isquémica. Recorrendo a miringotomia diminui-se a pressão do ouvido médio ao permitir a saída de ar, permitindo uma provável resolução completa da parésia facial.

Fig. 16 – Nervo facial exposto no ouvido médio (Kamide et al., 2012)

4- Ouvido Interno

4.1 – Barotrauma

O barotrauma do ouvido interno é pouco frequente, no entanto pode conduzir a hipoacusia neurosensorial permanente, tinnitus, vertigem e náuseas.

O mergulhador apercebe-se da hipoacusia quando regressa á superfície ou algumas horas após o mergulho, sendo geralmente acompanhada por tinnitus e sensação de plenitude auricular. A vertigem é frequente, mas transitória e moderada e raramente se apresenta como único sintoma. As náuseas quando presentes raramente são suficientemente severas para causarem o vômito e a existência de vertigens persistentes ou episódicas durante vários dias são altamente sugestivas de fístula da janela redonda ou da janela oval.

Sistematizando, o aparecimento de sintomas vestibulares e hipoacusia depois de um mergulho em que existiu dificuldade em equalizar na descida são típicos dos casos de barotrauma do ouvido interno, bem como no caso de lesão da cóclea e do aparelho vestibular pela expansão gasosa durante a subida do mergulhador, em que ocorre um pneumolabirinto (Elliott & Smart, 2014).

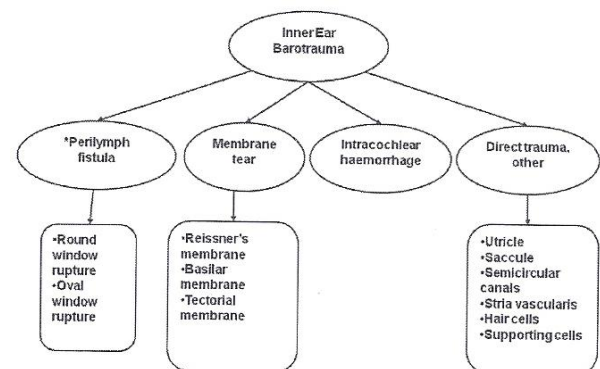


Fig. 17 – Tipos de barotrauma do ouvido interno (Elliott & Smart, 2014)

Consideram-se três mecanismos principais de lesão do ouvido interno: ruptura da membrana do labirinto, fístula da janela redonda ou da janela oval com perda de perilinfa e hemorragia do ouvido interno (Fig.17).

A lesão ocorre por variações de pressão do ouvido médio que são transmitidas à cóclea através da janela oval e da janela redonda. Esta última é mais frequentemente alvo de lesão devido a possuir uma fina membrana enquanto a membrana da janela redonda está protegida pela platina do estribo e pelo ligamento anular (Becker & Parell, 2001).

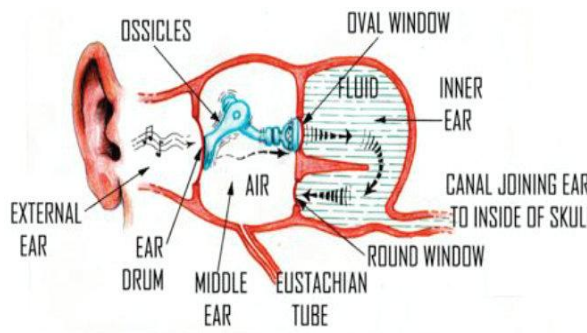
4.1.1- Fístulas da Janela Oval e da Janela Redonda

O barotrauma do ouvido interno no mergulhador deve-se ao efeito de forças “implosivas ou expansivas” no aparelho vestibulo-coclear, resultantes de diferenciais de pressão por comprometimento da permeabilidade da trompa de Eustáquio (Elliott & Smart, 2014).

A acção dessas forças pode causar a ruptura da membrana da janela redonda ou da janela oval, originando uma fístula por onde drena perilinfa. A força “expansiva” pode ocorrer quando o mergulhador executa uma manobra de Valsava forçada durante a descida, induzindo a abertura súbita da trompa de Eustáquio e provocando uma sobrepressão no ouvido médio. Como resposta verifica-se um movimento vigoroso da platina do estribo em direcção à janela oval, com aumento da pressão da perilinfa do ouvido interno, aumento esse compensado pelo abaulamento da membrana da janela redonda em direcção ao ouvido médio (Becker & Parell, 2001).

A força “implosiva” verifica-se quando durante a descida existe bloqueio da trompa de Eustáquio e a pressão do ouvido médio vai ficando cada vez mais negativa em relação à pressão intra-labiríntica (Evens, Bardsley & Manchaiah, 2012).

A endolinfa e a perilinfa são fluídos incompressíveis e como consequência as variações de pressão são transmitidas às janelas do labirinto (Fig.18).



Quando uma onda de pressão súbita é transmitida à perilinfa pode ocorrer ruptura da janela redonda com drenagem da perilinfa para o ouvido médio e um influxo de ar para a

Fig. 18 – Transmissão da pressão do ouvido médio para o interno (Edmonds *et al.*, 1992)

perilinfa, originando um pneumolabirinto. Ocorre então uma hipoacúsia neurosensorial acompanhada de sintomas vestibulares, que podem ser contínuos ou intermitentes.

O aumento de pressão na perilinfa por outras etiologias como a tosse ou esternutos pode também causar uma ruptura da janela oval ou da janela redonda, bem como uma ruptura da membrana basilar ou da membrana de Reissner. No

barotrauma devido ao mergulho, ocorre quase exclusivamente a ruptura da janela redonda, enquanto a ruptura da membrana oval é muito rara (Elliott & Smart, 2014).

4.1.2- Ruptura de Membranas Intra-cocleares

Outro conjunto de lesões provocadas pelo barotrauma do ouvido interno são a ruptura e/ou hemorragia da membrana de Reissner, da membrana basilar ou da membrana tectorial, que podem estar associadas ao barotrauma do ouvido médio. Estas rupturas intra-cocleares originam uma hipoacusia neurosensorial. Quando existe ruptura da membrana de Reissner a hipoacusia surge por efeito directo nas células do órgão de Corti ou como consequência da mistura da endolinfa com a perilinfa, alterando a sua concentração iónica (Fig.19). A

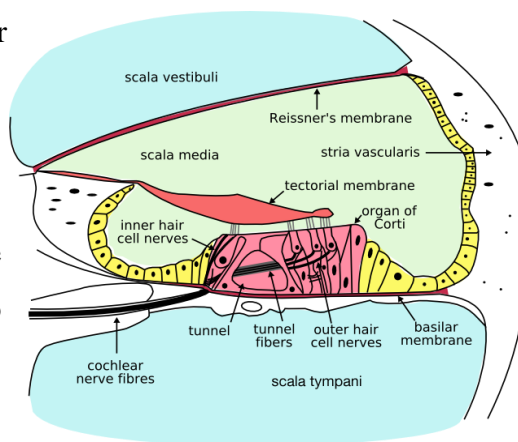


Fig. 19 – Corte transversal da cóclea (Elliott & Smart, 2014)

ruptura da membrana basilar ao comprometer o órgão de Corti conduz a hipoacusia neurosensorial de longo termo. A ruptura destas membranas pode fazer-se acompanhar também de vertigem e náuseas, contudo não existem sinais patognomónicos para a lesão de uma membrana específica.

A ruptura pode afectar mais do que uma membrana e segundo a “teoria da ruptura dupla de membrana” a ruptura da janela redonda ou da janela oval pode ocorrer em simultâneo com uma ruptura membranar intra-coclear, ou seja com uma ruptura da membrana de Reissner, basilar ou tectorial (Elliott & Smart, 2014).

4.1.3- Hemorragia do Ouvido Interno e Pneumolabirinto

O barotrauma do ouvido interno pode provocar um dano físico directo nas células ciliadas do órgão de Corti ou indirecto. O efeito indirecto deve-se ao comprometimento da perfusão do órgão de Corti com a passagem de ar do ouvido médio para o interno, através de uma fístula da janela redonda ou da janela oval, que irá provocar uma expansão gasosa no labirinto, ou seja, um pneumolabirinto. A apresentação clínica é semelhante a uma ruptura da janela redonda ou da janela oval, originando uma hipoacusia neurosensorial de severidade variável e sintomas vestibulares transitórios (Elliott & Smart, 2014). A hemorragia do ouvido interno ocorre como consequência das ondas de pressão que se propagam entre a janela oval e a janela redonda, através da perilinfa e que poderão causar a ruptura dos vasos sanguíneos. A hemorragia do ouvido interno está então associada com o barotrauma do ouvido médio (Becker & Parell, 2001).

5 – Seios Perinasais

5.1 – Barotrauma

Os seios perinasais são cavidades ósseas preenchidas por ar e se existir uma falha na equalização podem originar um barotrauma. Os *ostia* permitem a comunicação entre os seios perinasais e a nasofaringe. Caso não permaneçam permeáveis, origina-se durante a descida



Fig. 20 – Barotrauma seio esfenoidal dto. (Bourolais & Gkotsis, 2011)

um vácuo relativo no seu interior, provocando congestão com edema da mucosa, hemorragia e hemosinus, como exemplificado na figura 20. O mergulhador sente frequentemente uma dor intensa e súbita na região correspondente à localização do seio afectado, que alivia à medida que os seios vão sendo preenchidos, ou com a diminuição da pressão ambiente, ao subir alguns metros.

Quando os *ostia* se encontram bloqueados e o mergulhador sobe até à superfície, o ar aprisionado nos seios perinasais expande-se e pode causar fractura da sua parede, provocando enfisema subcutâneo ou orbitário (Fig.21) com possível estiramento do nervo óptico e consequente cegueira (Becker & Parell, 2001).

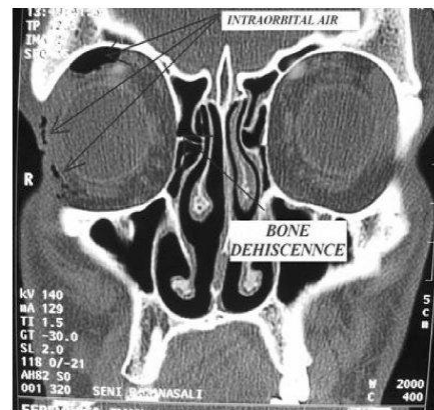


Fig. 21 – Enfisema orbitário (Bolognini *et al.*, 2008)

Outra complicação rara desta expansão gasosa é a sua migração intra-craneana, dando origem a um pneumocéfalo (Fig.22). Existindo uma solução de continuidade no seio esfenoidal, origina-se uma fístula através da qual o ar irá penetrar na cavidade craniana e alcançar o espaço sub-aracnóideu. É característica uma cefaleia aguda de intensidade severa, típica de lesão intra-craneana ocupando espaço e ao exame objectivo existem sinais de lesão neurológica central (Budal, Risberg, Troland, Moen, Nordahl, Vaagboe & Gronning, 2011).

A etiologia do barotrauma dos seios perinasais inclui as infecções respiratórias altas, sinusite, alergias, pólipos nasais e hipertrofia dos cornetos. O seio frontal é frequentemente o mais afectado, sendo o envolvimento dos seios maxilar, etmoidal e esfenoidal menos comum (Lynch & Deaton, 2014).

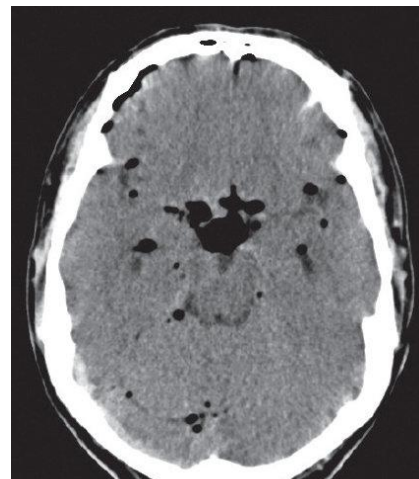


Fig. 22 - Pneumocéfalo subaracnoideu (Budal *et al.*, 2011)

Foi descrita uma neuropraxia isquémica de dois ramos da divisão maxilar do trigémio, ao longo do seu trajecto no seio maxilar, nomeadamente o ramo infra-orbitário, que percorre a parede do seio maxilar e o ramo alveolar pósterosuperior, que percorre a parede inferior ou externa do seio maxilar. O primeiro é responsável por uma parestesia da região geniana, o segundo responsável por uma parestesia na arcada dentária superior, gengivas e mucosa do mesmo lado da lesão. A neuropraxia é mais comum durante a subida do mergulhador, sugerindo que é maioritariamente induzida pela diminuição da perfusão provocada pela expansão gasosa, do que pela congestão ou hemorragia do nervo.

Existe possibilidade de envolvimento de qualquer divisão do nervo trigémio, incluindo o ramo maxilar, sempre que tenha ocorrido um barotrauma do seio esfenoidal (Edmonds, 1994).

O barotrauma dos seios perinasais foi categorizado por Weissman, Green & Roberts (1972) em três graus:

O grau I caracteriza-se por um desconforto transitório do doente que resolve rapidamente e um ligeiro edema, mas sem alterações radiográficas.

O grau II caracteriza-se por dor localizada ao seio afectado até 24 horas após o barotrauma. Radiograficamente verifica-se um espessamento da mucosa e no interior do seio verificam-se pequenas quantidades de derrame sero-hemático.

O grau III caracteriza-se por uma dor severa descrita como sensação de “picada de abelha. Neste grau deve ser diminuída a pressão do ambiente externo de imediato, se a dor não aliviar com a execução da manobra de Valsava.

Os graus I e II apresentam-se por norma como casos não complicados.

O grau III apresenta-se com edema e congestão da mucosa do seio afectado e ainda hemorragia sub-mucosa. A pressão negativa formada dentro do seio pode conduzir ao descolamento da membrana da mucosa do periósteo, conduzindo à formação de hematoma e portanto a um hemosinus. As alterações radiográficas mostram uma linha de nível ou uma massa polipóide, correspondente a coágulos sanguíneos (Edmonds, 1994).

Os mergulhadores que apresentem barotrauma recorrente dos seios perinasais podem beneficiar de cirurgia endoscópica, para restabelecer a drenagem e ventilação dos seios afectados (Lynch & Deaton, 2014).

6 – Face

6.1 – Barotrauma

O mergulhador ao colocar a máscara na face, cria um espaço entre esta e os tecidos periorbitários. Apesar de não constituir um verdadeiro espaço anatómico, é um espaço fechado preenchido por ar e sujeito às variações de pressão com a profundidade. À medida que o



Fig. 23 – Barotrauma da face (Lynch & Deaton, 2014)

mergulhador desce, o volume de ar dentro da máscara contrai criando um vácuo relativo. O diferencial de pressão criado pode ser equalizado através da expiração pelo nariz, permitindo a introdução de ar dentro da máscara. Caso esta equalização não seja efectuada, quando mais o mergulhador desce, maior é o efeito de sucção exercido sobre os tecidos periorbitários, formando-se petéquias e hemorragia subconjuntival (Fig.23), que embora de resolução espontânea, persistem durante algumas semanas (Lynch & Deaton, 2014).

O barotrauma da face pode resultar num hematoma orbitário que, apesar de pouco frequente, produz um efeito de massa sobre o olho, conduzindo a proptose (Fig.24) e consequente diplopia (Latham, Hoesen & Grover, 2011).

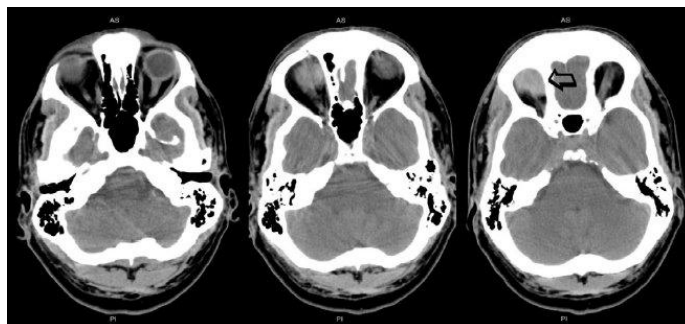


Fig. 24 – Hemorragia orbitária direita (Latham *et al.*, 2011)

7 – Dentes

7.1- Barotrauma

O barotrauma dentário é definido como a lesão resultante da variação de pressão nos dentes e nas reconstruções dentárias, podendo ou não ser acompanhado de dor (Zanotta, Dagassan-Berndt, Nussberger, Waltimo & Filippi, 2013).

Pode-se manifestar com fractura dentária, fractura da amálgama de restauro ou com o seu descolamento, como exemplificado na figura



Fig. 25 – Descolamento de restauro (Gulve & Gulve, 2013)

25 (Gulve & Gulve, 2013). O barotrauma ocorre em associação com reconstruções dentárias defeituosas ou patologias como periodontite, infecções,

cáries secundárias e quistos. Uma potencial consequência, além da dor, é o risco de aspiração do fragmento dentário ou do material de restauro (Zadik & Drucker, 2011). Os barotraumas de etiologia dentária, ao ocorrerem durante o mergulho, têm sido reconhecidos como uma causa potencial de incapacidade do mergulhador, colocando em risco a sua segurança e a segurança dos seus parceiros de mergulho (Gulve & Gulve, 2013).

A dor oral desencadeada pelas variações de pressão num tecido previamente assintomático designa-se por barodontalgia. Esta dor pode estar associada a co-factores como cáries secundárias (Fig.26), infecções odontogénicas, necrose pulpar/periodontite apical, obturações incompletas e tratamentos dentários



Fig. 26 – Cáries secundárias (Gulve & Gulve, 2013)

recentes. A dor é severa, aguda e localizada e surge frequentemente com uma diminuição da pressão ambiente, ou seja durante a subida do mergulhador e o consequente aumento da pressão dentro do dente (Zanotta *et al.*, 2013).

A dor que surja durante um mergulho num dente com uma cárie previamente tratada, deve-se à existência de ar entre a raiz do dente e amálgama utilizada no restauro, ar esse que irá expandir ou comprimir consoante as variações de pressão a que está sujeito. Durante a subida e portanto com a consequente expansão do ar aprisionado no interior do dente, o material de obturação pode soltar-se. Sendo o barotrauma dentário mais frequente na subida, o mergulhador só no final do mergulho, assim que chega à superfície, é que refere a fractura dentária (Zadik & Drucker, 2011).

Após um tratamento dentário conservador sob anestesia local, é recomendado que decorram pelo menos 24 horas sem mergulhar. No caso de uma cirurgia oral, devem decorrer pelo menos 7 dias até ao próximo mergulho (Zanotta *et al.*, 2013).

Está contra-indicada a prática de mergulho em todos os mergulhadores enquanto tenham coroas ou cimento provisórios no decorrer do tratamento dentário (Gulve & Gulve, 2013).

Conclusão

A prática de mergulho induz patologias típicas do mergulhador. Elas podem ser causadas pelas variações de pressão, no caso de um barotrauma, ou pela simples exposição do canal auditivo externo à água fria, levando à formação de exostoses, ou ainda pela sua exposição a água contaminada ou simplesmente pelo aumento da humidade e remoção da sua camada lipídica protectora, o que predispõe a otite externa.

Quer as exostoses, quer a otite externa podem provocar barotrauma nas situações em que exista uma estenose significativa do canal auditivo externo que condicione a sua obliteração e impeça a existência de uma pressão igual entre a exercida na face externa da membrana do tímpano e a pressão a que o mergulhador se encontra.

O barotrauma mais frequente é o do ouvido médio, ocorrendo na sequência da disfunção da trompa de Eustáquio, que impossibilita a equalização entre a pressão exterior e o ouvido médio. Manifesta-se com hiperémia da membrana timpânica numa forma moderada e com a ruptura do tímpano no seu modo mais severo, ruptura essa que pode acontecer nos primeiros 3 a 5 metros de profundidade. Assim a realização de mergulhos pouco profundos não previne a ocorrência de barotrauma.

O barotrauma do ouvido interno ocorre pela transmissão das variações de pressão do ouvido médio ao ouvido interno através da janela oval e da janela redonda, sendo esta última a que mais frequentemente fissa e leva à formação de uma fístula de perilinfa com consequente lesão do ouvido interno. Apresenta-se caracteristicamente acompanhado de vertigem e hipoacusia neurosensorial.

O barotrauma dos seios perinasais deve-se a uma disfunção dos *ostia*, com diminuição da sua permeabilidade e impossibilitando a equalização da pressão com a nasofaringe, o que provoca congestão e edema da mucosa do seio e/ou hemossinus.

A prevenção dos tipos de barotrauma acima considerados pode fazer-se recomendando ao mergulhador que se abstenha de mergulhar em situações que predisponham a uma disfunção da trompa de Eustáquio e/ou dos *ostia*, como no caso das infecções respiratórias altas e da sinusite. Outra recomendação útil a

transmitir ao mergulhador é a execução de manobras de equalização desde que inicia a descida.

O barotrauma da face deve-se à contracção do ar existente entre a máscara e a região periorbitária do mergulhador e pode ser prevenido recomendando ao mergulhador que expire pelo nariz, introduzindo assim ar dentro da máscara, equalizando-a.

O barotrauma dentário ocorre sobretudo pela expansão de gás aprisionado dentro de dentes cariados ou com obturações prévias, sendo recomendado ao mergulhador a vigilância anual por um estomatologista. Deve ainda evitar mergulhar por um período de 24 horas após um tratamento dentário ou 7 dias depois de uma cirurgia oral e no caso de ter uma coroa ou cimento provisórios, pelo risco de descolamento e aspiração durante o mergulho.

Conclui-se então a importância da prevenção dos barotraumas na prática de mergulho, evitando que sintomas como vertigens, vômitos ou dor possam colocar em risco a vida do mergulhador e a vida dos seus companheiros de mergulho.

Agradecimentos

Sendo o mergulho uma prática que me apaixona e sentindo a importância da Otorrinolaringologia neste desporto, pedi ajuda ao Professor Doutor Óscar Dias para realizar o presente trabalho. Agradeço-lhe então quer pelo entusiasmo que demonstrou desde o primeiro momento com o tema, quer por todo o apoio dado, em conjunto com o Dr. Marco Simão, ao longo do seu desenvolvimento.

Agradeço também ao Dr. Carlos Barosa, que gentilmente deu as suas indicações, enquanto especialista em Medicina Hiperbárica e Subaquática, que contribuíram para enriquecer este trabalho.

Um obrigado a toda a comunidade de mergulhadores e, em particular, aos meus *dive buddies* que me têm acompanhado nas explorações subaquáticas, nos seus momentos mais deslumbrantes como também nas experiências mais barotraumáticas.

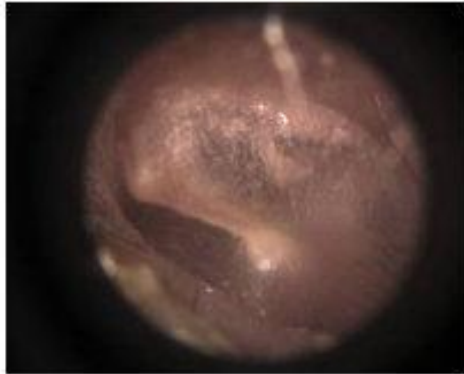
Bibliografia

- Azizi, M. H. (2010). Ear disorders in scuba divers. *The international journal of occupational and environmental medicine*, 2 (1 January).
- Becker, G. D., & Parell, G. J. (2001). Barotrauma of the ears and sinuses after scuba diving. *European archives of oto-rhino-laryngology*, 258(4), 159-163.
- Blake, D. F., Gibbs, C. R., Commons, K. H., & Brown, L. H. (2015). Middle ear barotrauma in a tourist-oriented, condensed open-water diver certification course: incidence and effect of language of instruction. *Diving and hyperbaric medicine*, 45(3), 176-180.
- Bolognini, A., Delehay, E., Cau, M., & Cosso, L. (2008). Barotraumatic orbital emphysema of rhinogenic origin in a breath-hold diver: a case report.
- Bourolias, C., & Gkotsis, A. (2011). Sphenoid sinus barotrauma after free diving. *American journal of otolaryngology*, 32(2), 159-161.
- Budal, O. H., Risberg, J., Troland, K., Moen, G., Nordahl, S. H., Vaagboe, G., & Gronning, M. (2011). Pneumocephalus, a rare complication of diving.
- Dimmock, K. (2007). Scuba diving, snorkeling, and free diving. *Water-based tourism, sport, leisure, and recreation experiences*, 128-144.
- Edmonds, C. (1994). Sinus Barotrauma: A bigger picture.
- Edmonds, C., Lowry, C., Pennefather, J., Walker, R. (2002). *Diving and Subaquatic Medicine. 4th ed. London: Arnold Publishers.*
- Edmonds, C., McKenzie, B., & Thomas, R. (1992). *Diving medicine for SCUBA divers*. JL Publications, Melbourne.
- Eichhorn L, Leyk D (2015). Diving medicine in clinical practice. *Deutsches Ärzteblatt International*, 112, 147-158.
- Elliott, E. J., & Smart, D. R. (2014). The assessment and management of inner ear barotrauma in divers and recommendations for returning to diving. *Diving and hyperbaric medicine*, 44(4), 208-222.
- Evens, R. A., Bardsley, B., & C. Manchaiah, V. K. (2012). Auditory Complaints in Scuba Divers: an Overview. *Indian Journal of Otolaryngology and Head & Neck Surgery*, 64(1), 71-78.
- Germonpré, P. (2006). The medical risks of underwater diving and their control. *Int. Sport*, 1-15.

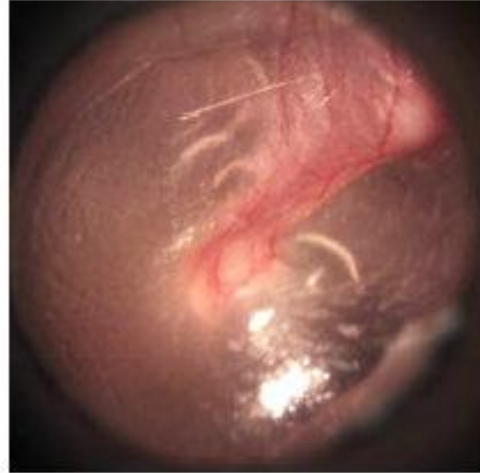
- Gulve, M. N., & Gulve, N. D. (2013). Provisional Crown Dislodgement during Scuba Diving: A Case of Barotrauma. *Case Reports in Dentistry*, 2013, 749142.
- Hall, J. E. (2015). *Guyton and Hall textbook of medical physiology*. Elsevier Health Sciences.
- Kamide, D., Matsunobu, T., & Shiotani, A. (2012). Facial Baroparesis Caused by Scuba Diving. *Case reports in otolaryngology*, 2012.
- Latham, E., van Hoesen, K., & Grover, I. (2011). Diplopia due to mask barotrauma. *The Journal of emergency medicine*, 41(5), 486-488.
- Levett, D. Z. H., & Millar, I. L. (2008). Bubble trouble: a review of diving physiology and disease. *Postgraduate medical journal*, 84(997), 571-578.
- Lobo, D. R. (2015). Exostoses of the external auditory canal. *World J Otorhinolaryngol*, 5(1), 14-20.
- Lynch, J. H., & Deaton, T. G. (2014). Barotrauma with extreme pressures in sport: from scuba to skydiving. *Current sports medicine reports*, 13(2), 107-112.
- Robinson, K., & Byers, M. (2005). Diving medicine. *Journal of the Royal Army Medical Corps*, 151(4), 256-263.
- Somers, L. H. (2002). History of diving: Selected events.
- Weissman, B., Green, R. S., & Roberts, P. T. (1972). Frontal sinus barotrauma. *The Laryngoscope*, 82(12), 2160-2168.
- Wendling, J., Elliott, D., Nome, T., & European Diving Technology Committee. (2004). *Medical Assessment of Working Divers: Fitness to Dive Standards*. Hyperbaric.
- Whelan, T. R. (1990). Facial nerve palsy associated with underwater barotrauma. *Postgraduate medical journal*, 66(776), 465-466.
- Zadik, Y. & Drucker, S. (2011), Diving dentistry: a review of the dental implications of scuba diving. *Australian Dental Journal*, 56: 265–271.
- Zanolta, C., Dagassan-Berndt, D., Nussberger, P., Waltimo, T., & Filippi, A. (2013). Barodontalgias, dental and orofacial barotraumas: a survey in Swiss divers and caisson workers. *Swiss dental journal*, 124(5), 510-519.

Anexos

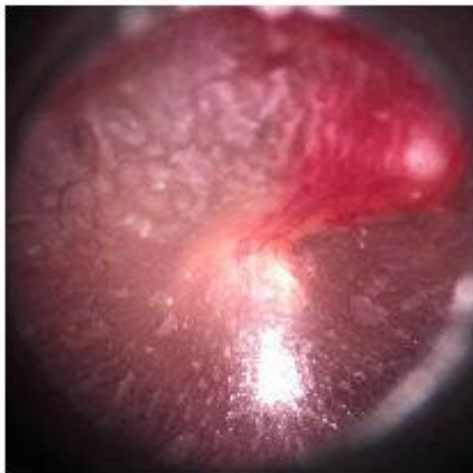
Grade 0: symptoms with no signs



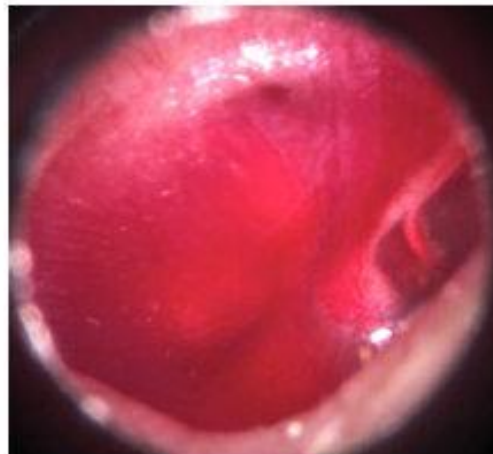
Grade 1: injection of the tympanic membrane (TM)



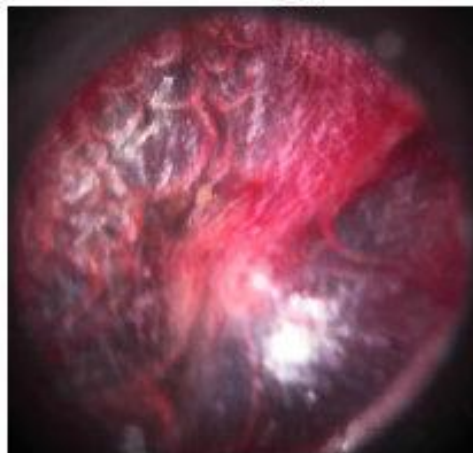
Grade 2: injection of the TM plus slight haemorrhage within the substance of the TM



Grade 3: gross haemorrhage within the substance of the TM



Grade 4: free blood in the middle ear, as evidenced by blueness and bulging



Grade 5: perforation of the TM



Anexo 1 – Escala de Edmonds: 6 graus de barotrauma (Blake *et al.*, 2015)